

CAPÍTULO 2

Análises físicas, químicas e microbiológicas e qualidade da água

Elizabeth Francisconi Fay

Célia Maria Maganhotto de Souza Silva

Luiza Teixeira de Lima Brito

Aderaldo de Souza Silva

As águas representam sistemas complexos nos quais podem ser refletidos diversos efeitos isolados e, muitas vezes, os efeitos de ações antagônicas têm maior importância do que a grandeza absoluta de uma substância isolada. Também segundo alguns estudiosos, a dissolução de substâncias, possível em determinadas condições, não deve ser menosprezada.

Este capítulo contém instruções e sugestões de como interpretar as análises físicas, químicas e microbiológicas de amostras de água, considerando a sua adequabilidade para usos múltiplos, com ênfase no uso doméstico, bem como, utilizá-las na construção do Indicador de Qualidade do Uso da Água em Cisternas Domiciliares no Semi-Árido brasileiro (IQA-CSA).

Para a gestão da água no âmbito doméstico é imprescindível o entendimento e a descrição da situação dos corpos de água, tanto superficiais quanto subterrâneos, bem como das cisternas rurais implantadas no semi-árido. Nos *Laudos de Análise de Potabilidade* verifica-se o uso de vários parâmetros que podem ser medidos e registrados.



Figura 2.1

Além disso, é fundamental, também, o conhecimento dos processos utilizados na coleta das amostras de água e da situação socioeconômica em que vive a família avaliada, no caso das cisternas.

Outras situações que merecem atenção e são importantes para a avaliação real da qualidade da água armazenada na cisterna são:

- se a cisterna já recebeu água e se foi realizada a eliminação das primeiras águas de chuva;
- se houve modificação sazonal da temperatura;
- se houveram abastecimentos frequentes por caminhões pipa, sem controle da qualidade da água de origem;
- o estado de acabamento da cisterna;
- se houve armazenamento sem a aeração adequada;
- se há acúmulo de sedimentos no fundo da cisterna devido a falta de lavagem e desinfecção.

O conhecimento do efeito das substâncias lançadas à água é de grande importância nos casos de poluição e em situações de acidentes provocados pela entrada de sujeiras na cisterna, provenientes da área de captação (telhado) (Figura 2.2). Em tais casos devem ser tomadas decisões rápidas por parte de não especialistas. Por exemplo, em casos de acidentes com produtos químicos, antes de seu consumo, a água deverá ser amostrada e

imediatamente enviada ao laboratório especializado. Se possível deverão ser anexadas as características químicas do produto poluente.



Figura 2.2

É importante destacar que a água doce, utilizada diretamente pela família usuária da água armazenada na cisterna, é retirada do reservatório (cisterna) e armazenada em outro recipiente (filtro, pote ou jarra), onde recebe, em sua maioria, tratamento (cloração ou fervura). Isso permite a melhoria significativa da qualidade da água, quando comparada àquela retirada da cisterna.

Informações sobre aplicações dos equipamentos e também sobre o laboratório utilizado, podem ser obtidos nas referências citadas no final do artigo.

Parâmetros físicos

Temperatura: a temperatura de um corpo de água reflete a estação do ano e a latitude e altitude do local em que este corpo está inserido. Este parâmetro pode flutuar tanto com o dia quanto com a estação do ano, além disso, pode ser influenciado pela altitude e pela vegetação. É um fator importante para a vida aquática, pois controla o metabolismo e a atividade reprodutiva dos organismos.

Também é importante devido a sua influência na composição química da água. As taxas das reações químicas geralmente aumentam às altas temperaturas, o que por sua vez afeta a atividade biológica. Um exemplo importante é o efeito deste parâmetro sobre o oxigênio. A água morna retém menos oxigênio do que a água fria, assim apesar dela estar saturada com esta molécula pode ainda não conter o suficiente para a sobrevivência das espécies. A concentração de oxigênio dissolvido pode influenciar a atividade bacteriana e os compostos tóxicos na água. Por este motivo, a água das cisternas devem ser mantidas frias, com aeração adequada.

Como a temperatura da água é um parâmetro que influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos, torna-se necessário seu entendimento para a compreensão dos outros parâmetros de qualidade de água.

A temperatura da água não é modificada, diretamente pelas atividades humanas, mas a poluição térmica (isto é, altas temperaturas artificiais) resulta, geralmente, da descarga dos efluentes municipais e industriais. Por exemplo, em áreas urbanas, pequenos corpos de água

podem ser aquecidos pelo fluxo de água proveniente do asfalto quente ou do pavimento de concreto.

O método usual de amostragem para temperatura da água consiste na tomada da medida de temperatura em um ponto do corpo de água, ao mesmo tempo em que são coletadas amostras para análises laboratoriais. É importante obter estas medidas junto com as medidas de oxigênio dissolvido (OD) e de pH. Elas são fáceis de obter por meio dos sensores acoplados à sonda multiparâmetros de medição de qualidade da água. Após a sonda estar submersa, há o registro da temperatura da água antes da medida de DO.

O problema com a leitura considerando um ponto, deve-se as modificações diurnas (variação dentro de 24 horas) e de profundidade na temperatura. O avanço tecnológico das sondas permite um monitoramento em vários pontos e profundidades, sem custos adicionais.

A temperatura pode ser medida em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ou Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) e seus limites nos suprimentos municipais devem variar entre 7 a 10 $^{\circ}\text{C}$, porém muitos municípios utilizam águas com temperaturas fora desta escala.

pH: O termo pH (potencial hidrogeniônico) define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, sendo a expressão da concentração de íons hidrogênio em uma solução. (o pH é uma medida da acidez ou alcalinidade da água). É precipuamente função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água. Portanto, é influenciado pelas substâncias nela dissolvidas. Por exemplo, as águas naturais e as águas tratadas podem conter várias substâncias alcalinas dissolvidas como carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos e, em menor quantidade, boratos, fosfatos e silicatos.

Este parâmetro influencia as reações químicas pela determinação da solubilidade dos compostos químicos e, também pela presença de outras substâncias em solução. Por exemplo, a toxicidade dos metais pesados depende de sua solubilidade e, por serem mais solúveis em pH baixo, tendem a ser mais tóxicos quando estão sob esta condição.

A água pura contém hidrogênio e íons hidroxila de forma balanceada, tendo assim um pH 7,0, portanto, neutro. Em alguns lugares, os compostos químicos que estão no ar, provenientes de processos industriais, (e os que) poderão estar dissolvidos nas gotas de chuva e podem deslocar o pH da água para ligeiramente ácido. Da mesma forma, os ácidos orgânicos provenientes da decomposição de vegetais, também a podem acidificar. Assim, as águas provenientes das encostas protegidas tendem a ter pH na faixa entre 6,0 e 7,5. Uma vez que o pH é escala logarítmica, cada unidade representa uma modificação de 10 vezes na concentração de íons hidroxila ou hidrogênio.

A faixa de pH apropriada para a vida em ambientes de água doce está entre 5,0 e 9,0. Contudo, raramente os valores são encontrados fora da faixa de 6,0 a 8,0. Nesta faixa as águas podem ser utilizadas para irrigação ou para beber. Valores abaixo de 6,0 sugerem a entrada de substâncias ácidas. Valores acima de 8,0 significam mistura com água salgada ou taxas mais altas de bicarbonatos, carbonatos ou hidróxidos. As origens naturais da alcalinidade são a dissolução de rochas e as reações do dióxido de carbono (CO_2), resultantes da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica na água.

Quando a poluição resulta em maior quantidade de algas e crescimento de plantas (ex. do aumento de temperatura e excesso de nutrientes), pode aumentar o pH. Estas pequenas modificações podem influenciar a disponibilidade e solubilidade dos compostos químicos e agravar o problema de nutrientes. Por exemplo, a modificação no pH pode aumentar a

solubilidade de fósforo tornando-o mais disponível para o crescimento vegetal e, em longo prazo, resultar em maior demanda de oxigênio dissolvido.

O pH da água pode ser medido com um pHmetro, que é um dispositivo eletrônico com sensor. Esse contém solução aquosa ácida, dentro de uma membrana de vidro, que permite a migração de íons H^+ . O potencial elétrico do eletrodo de vidro depende da diferença de $[H^+]$ entre a solução referência e a solução na qual o eletrodo é mergulhado. O pH também pode ser medido com papel indicador ou pela adição de reagente (solução indicadora) à amostra de água, registrando a mudança de cor.

Oxigênio dissolvido (DO): esse parâmetro é considerado um indicador básico da saúde do ecossistema e sua análise mede a quantidade de oxigênio (O_2) dissolvido em uma solução aquosa, cuja concentração varia com a temperatura, salinidade, atividade biológica e a taxa de transferência de O_2 da atmosfera. O estado de equilíbrio constitui a saturação, dependente de pressão e temperatura. Devido às interferências naturais e antropogênicas, as concentrações de oxigênio diferem deste equilíbrio.

Há um limite para a concentração de oxigênio na água, cuja quantidade é denominada valor de solubilidade do oxigênio ou saturação. O nível de saturação é a concentração máxima de oxigênio dissolvido que poderia estar presente na água em uma determinada temperatura. Este valor não é fixo, mas depende da pressão de oxigênio do ar, temperatura da água e da presença de sais dissolvidos. A solubilidade é maior em águas doces do que em águas salgadas e é maior em água fria do que em morna. Sob essas circunstâncias, a concentração de oxigênio pode exceder o valor de saturação e a água fica então supersaturada.

O adequado DO é necessário para uma boa qualidade de água. Os processos de purificação de um fluxo de água requerem níveis adequados de oxigênio para fornecer formas de vida aeróbica. Quando os níveis de oxigênio na água caem abaixo de 5 mg L^{-1} de água, a vida aquática fica sob estresse, e é letal para muitos organismos em níveis menores do que 3 mg L^{-1} . Também as concentrações muito baixas de DO podem como resultado, mobilizar concentrações ínfimas (traços) de metais.

O DO pode ser medido com eletrodo acoplado a um equipamento ou com kit para teste em campo. O eletrodo mede a pressão parcial do oxigênio na água, a qual é convertida para a concentração do peso da massa do oxigênio. Os kits de campo envolvem a adição de uma solução de força iônica conhecida, para o tratamento da amostra de água. A quantidade de solução necessária para modificar a cor, reflete a concentração de DO na amostra.

Turbidez: é o parâmetro de qualidade de água que se refere à transparência da mesma. Ele é importante porque mede a concentração de sólidos suspensos na água (são os mais comuns: argila, silte e areia do solo, fitoplâncton e outros microrganismos microscópicos, restos vegetais, resíduos industriais e lodo de esgoto). Nos Estados Unidos, a sedimentação excessiva (38%) dos corpos de água é a maior causa de poluição das águas superficiais; seguida por patógenos (36%) e nutrientes (28%).

O aumento da turbidez pode aumentar a temperatura da água porque as partículas suspensas absorvem mais calor solar do que a água pura. Além disso, este aumento limitará a quantidade de luz que entra no corpo de água e pode, portanto, limitar a fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de oxigênio. A turbidez adiciona-se o efeito da urbanização como o aquecimento dos calçamentos e a remoção da vegetação.

Os sólidos suspensos também fornecem superfícies de adsorção e rotas de transmissão de muitos contaminantes orgânicos, metais pesados e alguns nutrientes. Muitos dos compostos

industriais tóxicos como as dioxinas, furanos, PCB's (bifenilas policloradas), PAH's (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), muitos pesticidas e metais pesados como cadmium, chumbo, zinco e cromo são moléculas que aderem às pequeníssimas partículas orgânicas e argilas.

As partículas podem fornecer uma rota de acumulação dentro da cadeia alimentar, via ingestão, mas elas podem também se ligar aos poluentes. Em corpos de água profundos isto pode ser essencialmente permanente, mas em fluxos temporários ele parece ser temporário.

Os sedimentos também podem ser uma fonte de nutrientes como fósforo, nitrogênio (em sua forma amônia) e ferro. O excesso de nutrientes pode estimular o crescimento de algas e outros vegetais, ocasionando problemas na qualidade da água.

A turbidez é levada em consideração em suprimentos de água, principalmente, por razões assépticas. Além disso, considere-se o custo real para o tratamento de águas para consumo humano, uma vez que a turbidez precisa virtualmente ser eliminada para uma desinfecção efetiva. A adição de cloro em suas várias formas é o processo mais usado, mas a fonte de água precisa ser clareada pela filtração antes da cloração. Isso é porque muitos microrganismos patogênicos se aderem às partículas e, como resultado, ficam menos expostos ao processo de desinfecção.

As razões para um aumento de turbidez nas cisternas são, em primeiro lugar, águas novas provenientes das áreas de captação, sem a eliminação das primeiras chuvas, e transformações de matérias na água, devido à falta de limpezas periódicas (anuais) ou manutenção.

Há muitos métodos para medir a turbidez, sendo o mais direto a medida de atenuação da luz quando ela passa através de uma coluna de água. O tubo de turbidez permite estimar a qualidade da água baseado na avaliação visual da quantidade de luz que é dispersa e absorvida pelas partículas que estão suspensas na amostra. Essa avaliação é útil porque os problemas potenciais de escoamento precisam ser observados regularmente, especificamente antes, durante e imediatamente após as chuvas.

Em laboratório a turbidez pode ser medida pelo nefelômetro, que mede a quantidade de luz difundida pelas partículas na água, em unidades de turbidez nefelométricas (NTU's).

Neste trabalho, nas águas armazenadas em cisternas, a turbidez foi medida por sensores óticos, acoplados às sondas multiparâmetros.

Como as propriedades das partículas (forma, cor e reflectividade) influenciam na dispersão da luz, a correlação entre turbidez e sólidos totais dissolvidos é específica para cada local ou situação.

Condutividade e Salinidade: são essencialmente medidas de sais dissolvidos na água. Geralmente estão relacionadas aos sólidos totais dissolvidos (TDS). A condutividade específica (CE) mede como a água conduz uma corrente elétrica, propriedade que é proporcional à concentração de íons na solução. Esses íons, que são produtos da transformação dos compostos químicos, conduzem a eletricidade por serem modificados negativamente ou positivamente quando dissolvidos na água.

Portanto, a condutividade específica é uma medida indireta de sólidos dissolvidos como cloretos, nitratos, sulfatos, fosfatos, sódio, magnésio, cálcio e ferro e pode ser usado como

indicador da poluição da água. A condutividade é comumente utilizada para determinar a salinidade.

A salinidade é uma medida especial de sólidos dissolvidos baseada nas concentrações de sais oceânicos. Tecnicamente, a medida da salinidade requer comparações com o TDS das amostras, condutividade ou outras propriedades físico-químicas.

Vários poluentes podem ocasionar o aumento de CE, entre os quais se destacam os efluentes industriais e domésticos, escoamento superficial urbano proveniente dos calçamentos, escoamento superficial de áreas agrícolas e poluentes provenientes da atmosfera.

No caso das cisternas, se as áreas de captação não forem limpas com a eliminação das primeiras águas de chuva, todos os detritos (detritos de aves, material particulado, algas, entre outros) serão carregados para dentro das cisternas, sendo decomposto pelas bactérias na coluna de água, antes de sedimentar. Esse metabolismo libera a fonte de energia armazenada nas ligações químicas dos compostos orgânicos, consome oxigênio na oxidação dos compostos e libera dióxido de carbono após a energia ter sido liberada (queimada). O CO_2 é rapidamente dissolvido na água para a forma de ácido carbônico (H_2CO_3), íons bicarbonato (HCO_3^-) e íons carbonato (CO_3^{2-}), cujas quantidades relativas dependem do pH da água. Estes novos ácidos criados diminuem gradualmente o pH da água e os novos íons aumentam os TDS e, portanto, a CE.

A vantagem de usar a condutividade em lugar de TDS é a facilidade com que a medida pode ser realizada.

A condutividade específica é medida usando um sensor que mede a resistência. A unidade de condutância foi originalmente ohm (mho). Mais recentemente, o nome siemen tem sido usado para designar o termo usado pelo Sistema Internacional de Unidades. Assim, ambos mho e siemen são vistos em relatórios de qualidade de água. Um siemen é igual a um mho. Como CE em águas naturais é normalmente menor que 1 siemen cm^{-1} , a CE é normalmente relatada em microsiemens ($1/1.000.000$ siemen) por centímetro ou $\mu\text{S cm}^{-1}$. Como ela é afetada pela temperatura, para maior consistência dos dados, seus valores são corrigidos automaticamente para o valor padrão de 25 °C.

A água pura, teoricamente, teria um valor de CE igual a zero $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C, no entanto esta água é muito difícil de ser produzida. A água destilada ou deionizada tem um CE de pelo menos 1 $\mu\text{S cm}^{-1}$. A água de chuva tem um valor de CE mais alto do que a água destilada devido aos gases dissolvidos do ar e também das partículas de areia ou outro material particulado do ar. Águas correntes, com um teor aceitável de sais, apresentam CE abaixo de 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Valores de condutividade muito baixos (10-100 $\mu\text{S cm}^{-1}$) são medidos em águas provenientes de gnaisses, granito ou arenito colorido. Ao contrário, fontes de rochas calcárias, rocha calcária do triássico, freqüentemente, apresentam valores igual ou acima 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

De acordo com as indicações mencionadas, águas correntes com condutividade > 700 $\mu\text{S cm}^{-1}$ são classificadas como ricas em minerais. Para comparação, a água do mar tem uma CE de aproximadamente 50.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Para os diversos usos da água corrente, as altas concentrações de sais somente têm efeitos negativos. Com respeito ao abastecimento de água, é importante ressaltar que os sais não são removíveis da água pelas técnicas comuns de tratamento, e que concentrações altas de sais promovem a corrosão e dificultam a formação de camadas protetoras superficiais.

Sólidos totais: o termo sólidos totais refere-se a matéria suspensa ou dissolvida na água e está relacionado à condutividade específica e turbidez. É o termo usado para o material deixado em um recipiente após a evaporação e/ou uso da água. Os sólidos totais incluem os sólidos totais suspensos (TSS) que são os sólidos que podem ser retidos em um filtro e, os sólidos totais dissolvidos (TDS) que são os sólidos que passam através do filtro.

Os TSS incluem ampla variedade de material como a silte, resíduos de plantas e animais, resíduos industriais e de efluentes. Altas concentrações de sólidos suspensos podem causar muitos problemas para a saúde do corpo de água e para a vida aquática. Eles podem bloquear a luz que chega a vegetação submersa e com isso reduz a fotossíntese e em consequência reduz as taxas de oxigênio dissolvido e causa morte as plantas. Com a decomposição das plantas, as bactérias usam mais oxigênio da água.

Outro impacto é o aumento na temperatura na água superficial, devido a absorção do calor da luz pelas partículas em suspensão. Isso pode causar queda nas taxas de oxigênio dissolvido como já discutido anteriormente, no item temperatura.

Altas concentrações de STS podem frequentemente significar altas concentrações de bactérias, nutrientes, pesticidas e metais na água. Esses poluentes podem ligar-se às partículas do sedimento e ser carregadas dentro dos corpos de água.

Na medida dos STS, a amostra de água deve ser filtrada através de um filtro pré-pesado. O resíduo retido no filtro é seco em estufa a 103 -105 °C até peso constante e é expresso por mg MS L⁻¹. O aumento no peso do filtro representa os sólidos suspensos totais.

A quantidade de STS deve ser zero ou aproximadamente zero para a água potável. A quantidade não tem usualmente nenhuma importância em águas de irrigação.

Parâmetros químicos

Nutrientes: Este termo se refere aos vários elementos químicos essenciais à vida, mas no contexto de poluição da água, muito mais especificamente ao nitrogênio (N) e fósforo (P).

Estes elementos químicos são mais comuns nas águas dos barreiros, açudes e rios poluídos. Porém, como um número significativo de cisternas são abastecidas pelas populações rurais com águas provenientes destas fontes, é possível também, encontrá-los nos reservatórios das cisternas. A origem destes agentes químicos está relacionada à aplicação de fertilizantes pelos agricultores na forma de N, P e potássio (K), às vezes acompanhados de micronutrientes. Esses elementos se concentram nos efluentes dos criatórios de animais e sistemas sépticos e, principalmente N e P provenientes do escoamento superficial ou dos efluentes, podem alcançar os corpos de água e promover o crescimento de plantas aquáticas. As plantas aquáticas mais abundantes são as algas.

Quando os nutrientes essenciais estão em grande quantidade, naquelas fontes, há a multiplicação das algas, que se forem fitoplânctons microscópicos, aumentam a turbidez da água. A água torna-se então opaca, colorida de verde ou amarelo ou marrom e algumas vezes de vermelho. Portanto, a abundância no crescimento de algas ou plantas superiores num sistema aquático pode significar aporte excessivo de nutrientes. Esse crescimento em abundância, torna-se um problema para avaliação da qualidade da água.

Nitrogênio: o nitrogênio é o elemento mais abundante do ar, mas ocorre na forma de N₂ não utilizável pela maioria das formas de vida. Ele é prontamente utilizável pelas plantas

aquáticas se está dissolvido na água em forma inorgânica, compostos que são combinações de nitrogênio e oxigênio (nitratos e nitritos) ou nitrogênio e hidrogênio (amônia).

Os compostos nitrogenados atuam como nutrientes nos corpos de água. As reações com nitrato na águas naturais causam depleção de oxigênio. Assim, os organismos aquáticos, que dependem do suprimento de oxigênio, morrem. As maiores rotas de entrada do nitrogênio nos corpos de água são os efluentes industriais e municipais, tanques sépticos, detritos animais (incluindo peixes e aves). Na água, as bactérias convertem prontamente o nitrito (NO_2^-) para nitrato (NO_3^-).

Nitritos: os nitritos podem reagir diretamente com a hemoglobina no sangue humano e outros animais de sangue quente para produzir metahemoglobina. Essa por sua vez destrói a capacidade dos glóbulos vermelhos para transportar oxigênio. Esta condição é mais séria nos bebês até os três meses de vida. A doença é conhecida como metemoglobinemia ou bebe azul (cianose).

Portanto, este parâmetro deve ser especialmente considerado em águas poluídas. Apesar de ter papel secundário para o balanço de nitrogênio na observação dos nutrientes, precisa ser apurado em todos os casos devido a sua alta toxicidade. Nos solos o nitrito tem maior mobilidade.

O valor aceitável para o teste de nitrito é igual a zero, caso contrário são necessárias ações corretivas. De modo algum a água com níveis de nitrito que excedem $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, deve ser utilizada para alimentação de bebês.

Nitrato: Os nitratos são produtos da última etapa do ciclo do nitrogênio. As bactérias *Nitrobacter* convertem os nitritos para nitrato. Como regra os nitratos não são tóxicos aos peixes, mas altas concentrações contribuem para o crescimento de algas. Basicamente os nitratos são fertilizantes. Os valores aceitáveis para este parâmetro estão entre 200 a 300 mg L^{-1} . Caso a água contenha concentração maior que 300 mg L^{-1} , deverão ser tomadas ações corretivas.

Amônia: é outra forma inorgânica do nitrogênio e a mais estável em água. Ela é facilmente transformada para nitrato em águas que contém oxigênio e pode ser transformada para gás nitrogênio em águas com pouco oxigênio. A amônia é encontrada na água em duas formas – o íon amônio (NH_4^+) e, dissolvido, não ionizado, gás amônia (NH_3). A forma depende do pH e temperatura da água. A amônia total é a soma das duas formas.

É encontrada em efluentes domésticos e em certos resíduos industriais. Ela é tóxica aos peixes e para outras formas de vida aquática e o seu nível precisa ser cuidadosamente controlado na água usada para criação de peixes em aquário.

Os testes de amônia são rotineiramente aplicados para o controle da poluição em efluentes e águas residuárias e para o monitoramento dos suprimentos de água para beber. O valor aceitável para o teste de amônia é zero. Concentrações tóxicas de amônia em humanos podem causar perda de equilíbrio, convulsões, coma e morte.

Fósforo: o elemento fósforo pode ocorrer na natureza em diversas formas, mas a forma inorgânica mais abundante nos ambientes aquáticos, é de ortofosfato (PO_4). O P na forma elementar é mais tóxico e está sujeito a bioacumulação. Os ortofosfatos são produzidos por processos naturais e são encontrados em lodo de esgoto.

As chuvas podem carrear fosfatos dos solos agrícolas, para as áreas de drenagem. Os fosfatos estimulam o crescimento de plâncton e plantas aquáticas que fornecem alimentos

aos peixes. Contudo, se um excesso de fosfato entra no fluxo de água há um crescimento exagerado da vegetação e um maior uso de oxigênio. Esta condição é conhecida como eutrofização ou super fertilização das águas receptoras.

Os fosfatos não são tóxicos ao homem ou animais, a menos que estejam presentes em níveis extremamente altos. Nestes casos podem ocorrer problemas digestivos.

Há muitas formas de fósforo que podem ser mensuradas. O fósforo total é a medida de todas as formas, dissolvidas ou particuladas, que são encontradas em uma amostra. O fósforo solúvel é a medida do ortofosfato, a fração filtrável do fósforo, a forma diretamente utilizada pelas plantas.

Ambos, o fósforo e o ortofosfato são freqüentemente medidos usando método colorimétrico.

Cloretos: O cloreto é um sal resultante da combinação de gás cloro e um metal. Entre os cloretos comuns estão cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de magnésio (MgCl_2). O cloro (Cl_2) é altamente tóxico e é freqüentemente usado como desinfetante. Em combinação com metal como sódio, torna-se essencial para a vida, pois pequenas concentrações de cloretos são necessárias para o funcionamento normal das células vivas.

Os cloretos podem chegar às águas superficiais provenientes de várias fontes, incluindo: rochas que contém cloretos, escoamento superficial de áreas agrícolas, efluentes de indústrias e efluentes de estações de tratamento de águas residuárias, podendo contaminar os corpos de água.

Eles podem corroer metais e afetar o sabor dos produtos alimentares. Portanto, a água usada na indústria tem um nível máximo recomendado para cloretos. Os padrões para as águas de beber requerem níveis de cloretos que não excedam a 250 mg L^{-1} .

Os cloretos normalmente não são prejudiciais ao homem. O cloreto de sódio pode dar o sabor salgado na concentração de 250 mg L^{-1} , enquanto o cloreto de cálcio ou magnésio não é normalmente detectado pelo gosto até alcançar concentrações de 1000 mg L^{-1} .

Parâmetros biológicos

Coliformes Totais: as bactérias do grupo dos coliformes pertencem à família enterobacteriaceae. Estas bactérias praticamente inofensivas vivem no solo, águas e no aparelho digestivo dos animais.

Um grupo específico, importante, dentre estas bactérias, são os coliformes fecais que estão em grande número nas fezes e no intestino do homem e de outros animais de sangue quente. São também denominados de termotolerantes devido a sua capacidade de suportar temperaturas mais elevadas. Esta é a característica que diferencia os coliformes.

Podem entrar nos corpos de água via detritos humanos e animais e o membro mais comum é a Escherichia coli. A densidade do grupo coliforme é um critério significativo do grau de poluição e, assim, da qualidade sanitária. A detecção e enumeração do grupo coliforme têm sido usadas como base para o monitoramento padrão da qualidade bacteriológica do suprimento de água.

Os termotolerantes por si só, normalmente, não são patogênicos. A presença da contaminação fecal é um indicador de que podem existir outras bactérias patogênicas e, portanto, existir um risco potencial de doenças para os indivíduos expostos a estas águas. Os

patógenos, tipicamente, estão presentes em pequenas quantidades, o que torna impraticável o seu monitoramento com uma metodologia simples.

A presença de bactérias termotolerantes em ambientes aquáticos funciona como alerta de que ocorreu contaminação sem identificar a origem e indica que houve falhas no tratamento, na distribuição ou nas próprias fontes domiciliares. Se, um grande número destas bactérias (acima de 200 colônias/100 mililitros de água da amostra) é encontrado na água, é possível que também esteja ocorrendo a presença de organismos patogênicos que podem causar doenças como a febre tifóide, gastroenterites virais e bacterianas e hepatite.

As bactérias são organismos unicelulares que só podem ser vistos com a ajuda de um microscópio. No entanto, as bactérias coliformes formam colônias que podem crescer o bastante para serem vistas. Em amostras de água, pelo crescimento e contagem dessas colônias, é possível determinar aproximadamente quantas bactérias estavam originalmente presentes.

Há muitos caminhos para esta avaliação. Métodos comumente usados incluem o método do Número Mais Provável (NMP) e o filtro de membrana (MF). No primeiro, teste presuntivo é realizado antes e os resultados são relatados como número mais provável (NMP) de coliformes por 100 mL de água. O método MF é mais rápido, mas os resultados não são confiáveis para amostras de água que contenham muitas bactérias não coliformes, altas turbidez, e ou substâncias tóxicas como metais ou fenóis. Nesse caso a densidade dos coliformes é expressa como número de organismos por 100 mL de água.

As bactérias aeróbias heterótrofas, não representam nenhum grupo de bactérias em particular, porém têm muita utilidade na avaliação da qualidade da água, uma vez que refletem a carga total microbiana. A contagem destes microrganismos é realizada a 22 e 37°C, mas a última temperatura tem maior interesse sanitário.

Clorofila: a enumeração microscópica de dezenas de espécies de algas presentes em uma coluna de água é muito cara e tecnicamente impossível para os programas de monitoramento. Desta forma, medir a concentração de clorofila-a se torna muito mais simples e fornece uma razoável estimativa da biomassa das algas.

A clorofila é um tipo de pigmento que existe nos vegetais em geral, aí se incluindo os diversos gêneros de algas. O papel da clorofila é fundamental na fotossíntese, isto é, no mecanismo de nutrição dos vegetais.

A reação de síntese que ocorre nas células vegetais possuidoras de clorofila é uma reação fotoquímica, na qual o gás carbônico retirado do ar é combinado à água, consumindo energia armazenada pela clorofila, através da luz, para formar compostos orgânicos e como subproduto, o oxigênio. Portanto, o conhecimento quantitativo da clorofila permite estimar a capacidade de reoxigenação das águas no seu próprio meio, inferir sobre a densidade da população de algas e avaliar o aporte da quantidade de nutrientes.